

Obr. 248. Princip riadenia napäcia riadeným usmerňovačom

## 7.6 ODBUDZOVAČ

Odbudzovač patrí do nevyhnutného príslušenstva každého synchronného stroja. Slúži na vypínanie budiaceho prúdu pri poruche stroja (skrat v statorovom vinutí, zemné spojenie, porucha izolácie a pod.). V týchto prípadoch treba rýchlo znížiť indukované napätie takmer na nulu, aby sme obmedzili skratové prúdy a ich účinky.

V praxi sa to uskutočňuje len obmedzením budiaceho prúdu, čo je zrejmé zo vzťahu pre indukované napätie

$$U_i = Blv$$

lebo dĺžku vodičov  $l$  nemožno meniť a rýchlosť (otáčky) nemožno vzhľadom na zotrvačnosť rýchlo znížiť.

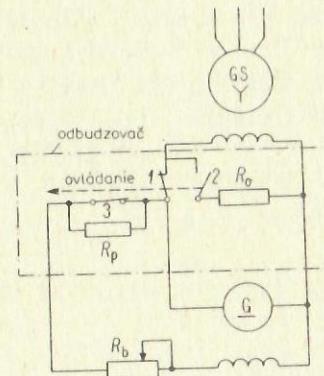
Preto magnetickú indukciu  $B$  zmenšíme tak, že prerušíme budiaci prúd prechádzajúci vinutím. Toto vinutie má však veľký počet závitov navinutých na póloch a takéto vinutie má veľku indukčnosť  $L_b$ . Energia magnetického poľa budiaceho vinutia je daná vzťahom

$$W_b = \frac{1}{2} L_b I_b^2$$

Táto energia by okamžitým prerušením budiaceho prúdu spôsobila na vypínačom kontakte a aj vo vlastnom budiacom vinutí veľké prepätie, ktoré by mohlo zničiť jeho izoláciu.

Z tohto dôvodu sú synchronné stroje (príp. ich budiace obvody) vystrojené odbudzovačom, ktorého princíp je znázornený na obr. 249. Odbudzovač má hlavný kontakt 1, ktorým sa pripája budič na budiace

vinutie synchronného stroja, a predstihový kontakt 2, ktorým sa pripája odbudzovací rezistor  $R_o$ . Obidva sú spolu mechanicky spojené tak, že pri odbudzovaní najskôr zopne kontakt 2 a pripojí paralelne odbudzovací rezistor  $R_o$  k budiacemu vinutiu. Až potom sa rozpojí kontakt 1, takže nenastáva rozpojenie budiaceho obvodu. Energia magnetického poľa sa premieňa na teplo vo vhodne zvolenom odbudzovacom rezistore ( $R_o \approx 4R_{br}$ , kde  $R_{br}$  je odpor budiaceho vinutia synchronného stroja).



Obr. 249. Činnosť odbudzovača  
1 — hlavný kontakt, 2 — predstihový kontakt, 3 — pomocný kontakt,  $R_o$  — odbudzovací rezistor,  $R_p$  — pomocný rezistor

Odbudzovač máva ešte pomocný kontakt 3, ktorým sa po odpojení budiča zaradí do jeho budiaceho obvodu pomocný rezistor  $R_p$ , ktorý zmenší budiaci prúd budiča G a tiež jeho napätie. (Rýchloregulátor napr. pri skrate na svorkách synchronného stroja vyrádi reostat  $R_b$ , a tým sa snaží udržať napätie stroja na správnej hodnote).

Odbudzovač možno ovládať ručne, elektromagneticky alebo pneumaticky. Najčastejšie sa uvádza do činnosti pôsobením rôznych ochránsych synchronného stroja (nadprúdová, zemná, rozdielová ochrana a pod.).

## 7.7 PARALELNÝ CHOD ALTERNÁTOROV

V energetických rozvodných sieťach dnes obyčajne spolupracuje väčší počet alternátorov, ktoré dodávajú potrebnú elektrickú energiu. Ak nepostačuje výkon všetkých spolupracujúcich alternátorov na pokrytie

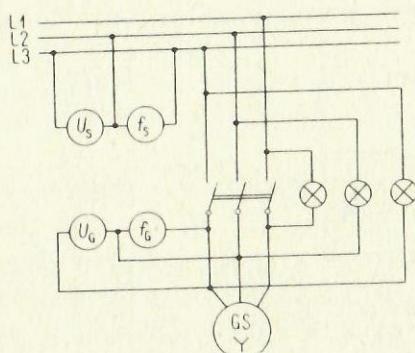
požadovaného príkonu, musí sa do takejto siete pripojiť ďalší alternátor.

Pred jeho pripojením na sieť musia alternátor a sieť mať:

- rovnaké poradie fáz,
- rovnakú frekvenciu,
- rovnaké napätie,
- amplitúdy napäti musia nastaviť v rovnakom okamihu (obidve napäcia musia byť vo fáze).

Prvá podmienka sa nastavuje pri prvom pripojení. Malý asynchronný trojfázový motorček sa musí otáčať v rovnakom zmysle, a to po pripojení na sieť, aj po pripojení na svorky alternátora. Prístroj určený na kontrolu tejto podmienky sa nazýva *ukazovateľ poradia fáz*.

Všetky ďalšie podmienky treba kontrolovať pri každom pripojení alternátora na sieť, t.j. pri fázovaní. Schéma zapojenia prístrojov na fázovanie je na obr. 250.



Obr. 250. Zapojenie prístrojov pri fázovaní alternátorov

Zhodnosť frekvencie kontrolujeme frekventomermi. Vzhľadom na presnosť odčítania a chyby frekventomerov možno nastaviť otáčky alternátora len približne.

Zhodnosť napäti ťahko kontrolujeme voltmetrami. Obidva voltmetre obyčajne tvoria jeden prístroj (s jednou stupnicou a dvoma ručičkami). Ak sú napäcia zhodné, ručičky sa kryjú.

Na splnenie poslednej podmienky sú zapojené žiarovky (obr. 250) medzi rovnaké fázy siete a generátora. Zapojené žiarovky sa rozsvecujú

a zhasinajú, pretože sa napájajú rozdielovým napätiom, siete a generátora. Čím presnejšie nastavujeme frekvenciu a napätie, tým pomalšie sa žiarovky rozsvecujú a zhasinajú. V okamihu, keď všetky žiarovky zhasnú, žiarovky rozsvecujú a zhasinajú. V okamihu, keď všetky žiarovky zhasnú, žiarovky rozsvecujú a zhasinajú. V okamihu, keď všetky žiarovky zhasnú, žiarovky rozsvecujú a zhasinajú. V okamihu, keď všetky žiarovky zhasnú, žiarovky rozsvecujú a zhasinajú. V tomto prípade ide siete a stroj možno spínačom pripojiť na siet. V tomto prípade ide o fázovanie na tmu.

Tento spôsob sa v súčasnosti už v praxi nepoužívá, pretože vyžaduje určitú skúsenosť a zručnosť obsluhy. Preto sa na fázovanie používajú synchronoskopy, v ktorých sa žiarovky nahradili indukčným meracím systémom. Ručička synchronoskopu sa otáča dookola a podľa smeru otáčania poznáme, či stroj beží rýchlejšie alebo pomalšie, ako zodpovedá frekvencii siete. Alternátor pripojíme na siet v tom okamihu, keď ručička pokojne stojí vo vyznačenom poli.

V súčasnosti sa vo veľkých energetických centrálach používajú synchronizátory (rýchlofázovače), ktorými sa celá operácia fázovania automatizuje.

Treba pripomenúť, že prifázovaný alternátor beží naprázdno, t.j. že do siete nedodáva žiadny výkon. Preto musíme zvýšiť prívod mechanickej energie a alternátor začne dodávať do siete zodpovedajúcu elektrickú energiu.

**Poznámka.** Ak alternátor pracuje samostatne v rozvodnej sieti, spúšta sa tak, že pri vypnutom budení nastavíme poháiacim motorom synchronne otáčky. Potom pripojíme budenie, budiacim reostatom nastavíme menovité napätie a stroj pripojíme na siet. Pretože pri zmenách zataženia by sa menili otáčky aj napätie alternátora, musí byť alternátor vystrojený regulátorom otáčok a napäti.

## 7.8 SYNCHRÓNNY MOTOR

### a) Konštrukcia a vlastnosti

Synchrónny motor má rovnakú konštrukciu ako alternátor. Každý synchrónny motor môže pracovať ako alternátor a opačne. Podobne ako alternátory vyrábajú sa aj synchrónne motory s vyjadrenými pólm (do  $1500 \text{ min}^{-1}$ ) a synchrónne motory s hladkým rotorom (turbomotory).

### Výhody :

1. Synchrónny motor má konštantné otáčky nezávislé od zataženia.

2. Nezatažuje siet jalovým prúdom, ale môže opačne, jalový prúd dodávať do siete (kap. 7.9).
3. Nie je citlivý na zmeny napäťia.
4. Má väčšiu účinnosť ako asynchronný motor.

**Nevýhody:**

1. Spúštanie je obťažné.
2. Otáčky možno len ťažko regulať alebo len v špeciálnych prípadoch.
3. Musí mať budíč.
4. Záberový moment je malý.

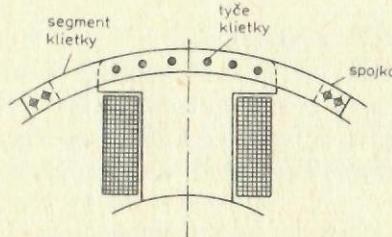
### b) Spúštanie

Ak pripojíme statorové vinutie synchronného motora na trojfázovú sieť, rotor sa neroztočí, aj keď bude nabudený. Otáčavé magnetické pole statora a stojaté pole rotora vytvoria moment, ktorého veľkosť a smer sa mení tak, že stredná hodnota momentu je nulová.

Aby mohol synchronný motor pracovať, musíme ho najskôr roztočiť na synchronné otáčky a až potom prifázovať na sieť.

Starší spôsob spúštania (na roztočenie) používal asynchronný motor, ktorý mal menší počet pôlov ako vlastný synchronný motor a preto bezpečne dosiahol synchronné otáčky. Takto sa ešte dnes spúšťajú najväčšie synchronné motory (s výkonom väčším ako 10 MW) alebo synchronné kompenzátori.

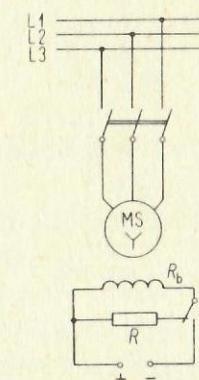
V súčasnosti sa synchronné motory spúšťajú (roztáčajú) vlastným synchronným rozbehom, podobne ako synchronné motory s kotvou nakrátko. Medené tyče klietkového vinutia sa v synchronných motoroch s vyjadrenými pólmi umiestňujú do pôlových nástavcov a na obvode sa spájajú kruhmi (obr. 251). V turbomotoroch (s hladkým rotorom) je



Obr. 251. Klietka synchronných strojov

klietkové vinutie vytvorené masívnymi zubami rotora a vodivými klinmi (z bronzu), ktorími sa uzatvárajú drážky rotora. Rozbehové vinutie musí byť dobre navrhnuté, pretože sa pri rozbehu veľmi zohrieva a tepelné dilatácie môžu byť príčinou porúch.

Motor sa rozbieha obyčajne s malým zatažením alebo naprázdno. Pripojí sa na sieť a rozbieha sa ako asynchronný motor. Počas rozbehu je budiace vinutie spojené nakrátko cez rezistor  $R$ , ktorého odpor má veľkosť asi (5 až 7)  $R_b$  (obr. 252). Ochranný rezistor  $R$  obmedzuje vznik vysokého napäťia v budiacom vinutí pri rozbehu a chráni tak jeho izoláciu.



Obr. 252. Spúštanie synchronného motora autosynchronné

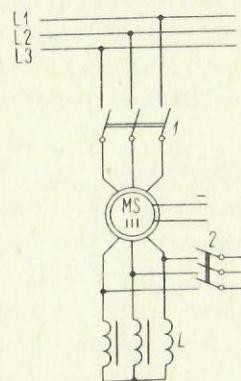
Po dosiahnutí temer synchronných otáčok (sklz asi 2 % až 5 %) sa odpoji skratovací rezistor, pripojí sa budiace napätie a motor sa nabudí. Rotor sa potom synchronizačným momentom vtiahne do synchronných otáčok, a tým sa rozbeh skončí.

Je zrejmé, pri spúštaní synchronného motora vzniká veľký prúdový náraz. Záberový prúd býva (podobne ako v asynchronných motoroch) trojnásobok až šesťnásobok menovitého prúdu.

Synchronné motory s menším výkonom možno spúštať priamym pripojením na sieť. Motory s väčším výkonom a motory v tých prípadoch, keď rozvodná sieť nedovoľuje priame pripojenie, možno spúštať:

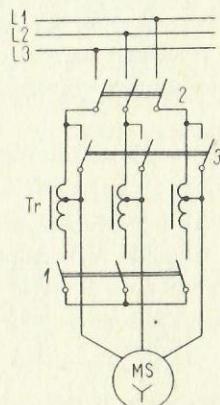
- a) *tlmivkou*,
- b) *autotransformátorom podľa Korndorfera*,
- c) *spájaním paralelných vetiev statorového vinutia*.

**Spúšťanie tlmičkou.** Schéma zapojenia je na obr. 253. Záberový prúd je obmedzený zaradením tlmičky  $L$  do statorového obvodu motoru. Po pripojení motoru na sieť spínačom 1 necháme motor rozbehnúť, potom zapneme spínač 2, a tým vytvoríme uzol vinutia. Ďalší postup spúšťania zodpovedá opisu z obr. 252.



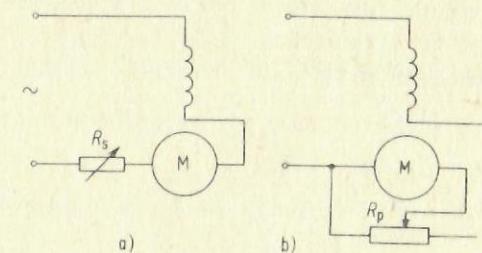
Obr. 253. Spúšťanie synchronného motora tlmičkou

**Spúšťanie autotransformátorom.** Schéma zapojenia je na obr. 254. Statorové vinutie je trvalo zapojené na pevnú odbočku transformátora. Pred spúštaním zapneme najskôr spínač 1. Zapnutím spínača 2 sa



Obr. 254. Spúšťanie synchronného motora spúšťacím autotransformátorom

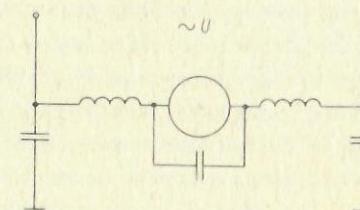
Ďalšiu vhodnú možnosť ukazuje obr. 317b, kde napäťový delič  $R_p$  udržiava na kotev približne stále napätie. Momentová charakteristika je „tvrdšia“ a blíži sa teda charakteristike motora s paralelným budením. Zapojenie je vhodné len na malé výkony.



Obr. 317. Spôsoby riadenia otáčok univerzálneho motorčeka

V súčasnosti sa na riadenie otáčok používajú polovodičové meniče s rôznym zapojením (kap. 4).

Komutátorové motorčeky svojim rušením (iskrenie kief) veľmi zhoršujú činnosť oznamovacích a automatizačných zariadení. Vysokofrekvenčná energia sa šíri do okolia motorčeka z jeho prívodov, ktorých indukčnosť a kapacita vytvárajú oscilačný obvod. Toto rušenie sa zmenšuje zapojením kotvy (podľa obr. 318) medzi vinutím pôlov a kondenzátormi.



Obr. 318. Odrušenie univerzálneho motorčeka

Motorčeky sa vyrábajú do výkonu asi 400 W a navrhujú sa na veľké otáčky. Pre ich činnosť je dôležité dokonalé dynamické vyváženie, pretože aj malá nesúmernosť zapríčiní zmenšenie životnosti motorčeka a zhoršuje komutáciu.